Observatoire de la Côte d'Azur — Secrétariat du Conseil Scientifique

Demande de BQR 2009

Présentée par l'unité : Cassiopée.

Responsable : Thierry Passot.

Titre de l'opération : Ecole d'Astronomie d'Aussois 2009 - Dynamique des systèmes gravitationnels

Justificatif de la demande :

Demande de subvention au B.Q.R. pour l'organisation d'une Ecole d'Astronomie pour chercheurs organisée par Elena Lega, Claude Froeschlé et Daniel Benest à Aussois du 28 Juin au 04 Juillet 2009.

TITRE : La dynamique des systèmes gravitationnels : défis et perspectives.

Une aide financière a été obtenue de la Formation Permanente du C.N.R.S. (15 500 Euros) ainsi que du Département Cassiopée de l'O.C.A. (1000 Euros). Comme en témoigne la demande budgétaire (ci-jointe) faite au C.N.R.S., nous allons devoir remanier notre budget en jouant malheureusement sur le nombre des participants. D'autre part le caractère interdisciplinaire et hautement spécialisé de cette Ecole nous a amenés à prendre des intervenants étrangers, d'où un coût assez élevé de frais de déplacement.

Nous demandons donc au B.Q.R. une aide spécifique de 3000 Euros.

Ci-joint la description détaillée du projet, ainsi que l'annonce diffusée par la SF2A.

Participants : Elena Lega, Claude Froeschlé et Daniel Benest.

	demande de bqr (en kiloEuros) :				
Equip.mt	Fonctionn.mt	Missions	Total du projet	Crédits déjà obtenus (hors bqr)	Total demande bqr
/	2,350	32,026	34,376	16,500	3

Cofinancement demandé : **OUI** — Organismes de cofinancement : C.N.R.S., O.C.A. Cassiopée.

DESCRIPTION DU PROJET (en français)

Pièce 3

Titre de l'école : Ecole de mécanique Céleste.

THEME : « La dynamique des systèmes gravitationnels: défis et perspectives. »

Comité Scientifique : *chargé d'élaborer ce projet (thèmes, objectifs, conséquences attendues public ciblé, sélection des candidatures*

C. Froeschlé
Observatoire de la Côte d'Azur

Ch. Froeschlé
Observatoire de la Côte d'Azur

E. Lega
Observatoire de la Côte d'Azur

Comité d'Organisation : *chargé d'assurer la mise en oeuvre du projet (programme, choix des conférenciers, intervenants et animateurs, organisation pédagogique), choix des modalités pratiques,)*

C. Froeschlé
Observatoire de la Côte d'Azur
E. Lega
Observatoire de la Côte d'Azur
D. Benest
Observatoire de la Côte d'Azur
R. Hollande
Observatoire de la Côte d'Azur

SITUATION SCIENTIFIOUE ET OBJECTIFS :

Depuis Newton la dynamique des systèmes gravitationnels est au cœur de l'astronomie et de la physique. Le sujet est vaste et nous n'avons pas l'intention de le traiter de manière exhaustive. Nous avons choisi 5 thèmes (un par jour) et une approche pédagogique originale, nous semble-t-il. En effet, pour un thème donné, un des meilleurs spécialistes européens introduira le sujet par 3 heures de cours le matin.
L'après midi sera consacré à des compléments de cours susceptibles de construire un pont entre les cours fondamentaux et les préoccupations liées aux domaines connexes: par exemple la dynamique des comètes liée

à une approche statistique de reconstruction d'un échantillon représentatif des routes chaotiques. Le premier cours (systèmes dynamiques) très théorique est susceptible d'interaction avec l'ensemble des autres cours.
Les intervenants de l'après-midi organiseront leur cours en relation étroite avec les cours principaux du matin.
On donnera également une opportunité à nos jeunes collègues d'exposer le sujet de leur recherche dans une ambiance décontractée. Une critique constructive et amicale sera faite tant sur la forme que sur le fond. Un tel système a été au coeur des sucèes des écoles de l'OTAN de mécanique céleste.

Le premier thème concerne une introduction à la théorie du chaos et aux systèmes dynamiques, sujets de base qui se retrouvent dans toutes les applications. La problématique des systèmes dissipatifs sera au coeur de la deuxième journée. Un panorama de la dynamique des petits corps du système solaire, astéroïdes, comètes, météores et dynamique des planètes extrasolaires sera l'objet de la troisième journée. La quatrième journée sera enfin dédiée à l'approche statistique de la modélisation dynamique des mouvements chaotiques en particulier des comètes. Enfin la dernière journée sera consacrée à la dynamique galactique.

Les enjeux :

Le but est non seulement d'introduire différents sujets mais également d'encourager des interactions scientifiques entre différents domaines qui ont pour commun dénominateur le chaos présent dans différents types de systèmes dynamiques.

Objectifs de formation :

Promouvoir une collaboration interdisciplinaire entre des communautés proches par leur intérêt des systèmes gravitationnels mais souvent confinées aux objets qu'elles étudient (astéroïdes, galaxies, planètes etc ...).

Public concerné :

Chercheurs, enseignants chercheurs, étudiants en fin de thèse et post-docs.

Pré-requis :

Niveau d'un doctorant de recherche.

CONSEOUENCES ATTENDUES :

Promouvoir une collaboration interdisciplinaire entre des communautés proches par leur intérêt des systèmes gravitationnels mais souvent confinées aux objets qu'elles étudient (astéroïdes, galaxies, planètes etc ...).

GRANDS AXES DU PROGRAMME :

1- **Chaos et applications à la dynamique astronomique**
Massimiliano Guzzo, Università di Padova, Italie (3h)

Le but de ce cours est de présenter un panorama des mécanismes de chaos et diffusion dans les systèmes hamiltoniens. Déjà pour le cas simple d'un système à petit nombre (n) de degrés de liberté tel que le problème des trois corps (n=3) le chaos joue un rôle primordial. Il en est naturellement de même pour le cas plus complexe (n>3) de l'étude du mouvement des petits corps du Système Solaire ou pour le mouvement des étoiles dans une galaxie. Ces systèmes sont caractérisés par des

mouvements réguliers et/ou chaotiques qui s'illustrent à partir de systèmes simples tels que le mapping standard, paradigme de la diffusion chaotique. Les structures clés à la base des mécanismes de chaos et de diffusion sont les points fixes et les surfaces hyperboliques avec leurs variétés stables et instables. En revanche, les structures stables tels que les tores KAM et les ensembles d'Aubry-Mather agissent comme des barrières à la diffusion.

Plan du cours:

(1) Définition du Chaos: Le chat d'Arnold, l'application la plus chaotique possible.

(2) Portraits de l'espace des phases : comparaison du problème des trois corps et du couplage spin-orbite au mapping standard et du pendule perturbé.

(3) Ensembles invariants: Courbes KAM, orbites périodiques et ensembles d'Aubry -Mather.

(4) La destruction des barrières de diffusion et la transition au régime de Chirikov de la diffusion.

(5) Génération du chaos: points fixes hyperboliques et variétés stables-instables. Chaos homoclinique, hétéroclinique et diffusion de Chirikov.

(6) Systèmes à quatre dimensions: le réseau d'Arnold et son évolution du régime de Nekhoroshev au régime de Chirikov.

Après- midi (2h)
Elena Lega (O.C.A.) (1h) Diffusion et variétés stable-instable
Exposé de jeunes collègues (2 x ½ h)

2-Les systèmes dissipatifs
Alessandra Celletti, Univ. De Rome (3h)

The aim is to provide an extensive survey of nearly-integrable, weakly-dissipative systems. A concrete example is given by a 3-body problem under the influence of a dissipative force, like solar radiation, tidal torques, Yarkowski effect, etc. Within artificial satellite's dynamics, low-thrust spacecrafts provide interesting examples of nearly-integrable systems with a small dissipation due to the slow loss of mass during the travel. The lecture will contain recent analytical results, numerical techniques to investigate dissipative systems and applications to Celestial Mechanics.

Plan du cours:

(1) Conservative and dissipative systems : a qualitative panorama based on the investigation of paradigmatic models, the conservative and dissipative standard maps.

(2) On the existence of quasi-periodic tori (in the conservative setting) and of invariant attractors (in the dissipative framework) through the development of a KAM theory. An application to the spin-orbit problem with tidal torque.

(3) Converse KAM and existence of cantori in dissipative model problems.

(4) Applications to problems of Celestial Mechanics within the class of nearly-integrable disspative systems: from natural bodies to artificial satellite dynamics.

Après- midi (2h)
Marco Delbo (OCA) (1h) Physique de l'effet Yarkowski
Mario Carpino (Observatoire de Milan) (1h) Dynamique de l'effet Yarkowski

3- Dynamique des petits corps du système solaire.
Kleomenis Tsiganis, Aristotle University of Thessaloniki (3h)

Plan du cours:

(1) Origines et caractéristiques dynamiques des populations de petits corps: Ceinture Principale des astéroïdes, géocroiseurs et objets transneptuniens. Familles d'astéroïdes et groupements résonants. Perturbations planétaires distantes et rencontres proches.

(2) Perturbations dans le systèmes solaire stationnaire: la fonction perturbatrice du problème des N-corps. Résonances (séculaires, de moyen mouvement, de trois corps et mixtes). Le recouvrement des résonances et le chaos dans les réservoirs de petits corps. Rotation d'astéroïdes et couplage spin-orbite.

(3) Analyse du mouvement en résonance; modèles et outils. Hamiltoniens moyennés et applications symplectiques. Evolution à long terme des corps en résonance. Chaos lent et rapide. Diffusion et stabilité effective.

(4) Autres perturbations: Effets de rayonnement (Yarkovsky et YORP). Modèles composites pour le mouvement des petits corps. Exemples: les géocroiseurs et le transport des météorites; l'élargissement des familles d'astéroïdes.

(5) Petits corps et migration planétaire: balayage des résonances séculaires et de moyen mouvement. Evolution des astéroïdes de la Ceinture Principale et des objets transneptuniens pendant la migration planétaire. Capture des troyens.

Après-midi (2h)
Rudolf Dvorak (Obs. de Vienne) (1h)
Dynamique des planètes extrasolaires
Hans Rickman (Univ. de Uppsala) (1h)
Les forces non-gravitationnelles dans la dynamique des comètes

4. **Approche statistique de la modélisation dynamique des mouvements chaotiques**
Radu Stoica, Univ. de Lille (3h)

Ce cours se propose de donner le mode d'emploi des deux familles de modèles mathématiques : les champs de Markov et les processus ponctuels marqués. La motivation principale est que ces outils ont fait leur preuve dans la modélisation probabiliste et l'inférence statistique pour l'analyse des données spatialisées. Nous appelons données spatialisées un ensemble dont les éléments ont deux composantes: position et caractéristique. Les images numériques, les catalogues des comètes ou des galaxies sont des exemples des données spatialisées.

Le caractère spatialisé des données implique que les réponses possibles aux questions que les données suggèrent, s'organisent autour d' une forte composante morphologique. Quelques exemples de questions: description morpho-statistique de la dynamique des comètes, caractériser la structure géométrique de la distribution à large échelle des galaxies dans notre univers. En effet, dans de nombreuses situations, pouvoir analyser des données spatialisées revient à être capable de répondre à la question suivante: quelle est la forme qui se trouve ``cachée'' dans les données ?

Plan du cours :

(1) statistique exploratoire: peut-t-on apercevoir la forme ?

(2) modélisation stochastique: qu' est-ce que la forme que l' on cherche ?

(3) simulation de type MCMC: comment mettre en oeuvre la forme ?

(4) inférence statistique: comment détecter la forme, quels sont les paramètres de la forme ?

(5) évaluation: la forme trouvée existe-t-elle vraiment, validation des résultats ?

Après-midi (2h)
Marc Fouchard (Univ. de Lille) (1h)
Modélisation du transport des comètes a long période
Exposé de jeunes collègues (2 x ½ h)

5- Astronomie galactique
Christos Efthymiopoulos, Université d' Athène (3h)

Plan du cours :

(1) Classification morphologique des galaxies

(2) Relations d’échelle globales et le plan fondamental

(3) Galaxies elliptiques : morphologie et cinématique. Dynamique stellaire (orbites régulières et chaotiques). La dynamique et la formation des galaxies elliptiques.

(4) Galaxies en disque : morphologie et cinématique. Dynamique stellaire (orbites régulières et chaotiques). Théorie des ondes de densité. Structure spirale dans les galaxies normales et barrées. L’interaction disque halo.

(5) Le rôle de la matière noire dans les galaxies.

Après-midi (2h)
Exposé de jeunes collègues (4 x ½ h)

MODALITES PEDAGOGIQUES et ASPECTS INNOVANTS :

Nous avons choisis 5 thèmes (un par jour) et une approche pédagogique originale, nous semble-t-il. En effet, pour un thème donné, un des meilleurs spécialistes européens introduira le sujet par 3 heures de cours le matin. L'après midi sera consacrée à des compléments de cours susceptibles de construire un pont entre les cours fondamentaux et les préoccupations liées aux domaines connexes: par exemple la dynamique des comètes liée a une approche statistique de reconstruction d'un échantillon représentatif des routes chaotiques. Le premier cours (systèmes dynamiques) très théorique est susceptible d'interaction avec l'ensemble des autres cours.

Les intervenants de l'après-midi organiseront leur cours en contact étroit avec les cours principaux du matin. On donnera également une opportunité à nos jeunes collègues d'exposer le sujet de leur recherche dans une ambiance décontractée. Une critique constructive et amicale sera faite tant sur la forme que sur le fond.

dans le cas où le projet est suffisamment avancé:

module	**Intervenants** (nom et qualité)	**Forme** (conférence, cours, atelier, TD,TP...)	
Chaos et appl. Dynamique astronomique	M. Guzzo, chercheur, Univ. Padoue.	Cours	
Petits corps du système solaire	K. Tsiganis, chercheur, Univ. Thessaloniky	Cours	
Dynamique Galactique	Christos Efthymiopoulos, chercheur, Univ. Athen	Cours	
Approche Statistique	Radu Stoica. Univ. de Lille	Cours	
Systèmes Dissipatifs	A. Celletti, Univ. de Rome	Cours	

PROCEDURE D' EVALUATION :

Une évaluation sera proposée comme d' habitude par la Formation Permanente de la D.R. 20

PARTICIPANTS :

Participants rémunérés par le CNRS (y compris BDI) : 20

Participants non rémunérés par le CNRS travaillant dans une unité CNRS : 15

Participants extérieurs : 10

Nombre total de participants prévus: 50

MODALITES PRATIQUES :

– justification du choix du lieu:
  Aussois situé à 5 Km du noeud ferroviaire « Modane » présente une facilité d' accès remarquable. Nous avons déjà expérimenté le centre qui a une salle de cours adaptée ainsi que des espaces pour discussion.

– calendrier des réunions préparatoires

  Automne 2008.

- communication (annonces, plaquettes, affiches,...)

FICHE BUDGETAIRE PREVISIONNELLE

école de mécanique céleste

	Elena Lega

DETAIL DES COUTS			MONTANT
Prestation pédagogique (1) Travaux pratiques,cours,consultant			0
Frais de déplacement			
- Intervenants		9x300	2 700
- Organisateurs		5x200	1 000
Frais d' hébergement			
- Participants CNRS	(nombre: 20)	20x6jx71.37E	8 564
Participants extérieurs	(nombre:10)	10x6jx71.37E	4 282
- Participants non CNRS	(nombre: 15)	15x6jx71.37E	6 423
Intervenants (nombre: 9)		9x6jx83.33E	4 499
-Organisateurs (nombre:5)		5x6jx83.33	2 499
Frais de location			
- salles		50x5jx7E	1 750
- matériels pédagogiques		200E	200
Frais de communication		200E	200
Frais de fonctionnement (document pédagogique, cons		200E	200
TOTAL DES COUTS			34 376

DETAIL DES RECETTES	MONTANT
Droits d' inscription	
Participants d' autres établissements publics	0
Participants d' autres établissements privés (nombre: 0)	0
Doctorants	0
Financement demandé à la formation permanente du CNRS (hors avances sur recettes)	**23 671**
Autres financements	
Organismes publics (MEN et institutions étrangeres)	10 705
Organismes privés (préciser)	0
TOTAL DES RECETTES	34 376

Demande d' avance sur recettes (frais d' inscription) faite au CNRS (2)	

(1) Aucune indemnité d' enseignement ne sera versée aux agents CNRS, ni aux organisateurs de l' école

(2) Pour faciliter l' oganisation de l' éole, des avances sur recettes sont accordées, elles devront être réimputées sur le compte de la formation permanente après sa réalisation.

ANNONCE DIFFUSÉE PAR LA SF2A :

L'Ecole d'Aussois 2009
"La dynamique des systèmes gravitationnels : défis et perspectives"
aura lieu du dimanche 28 juin au samedi 04 juillet 2009.

Programme préliminaire :

* Introduction à la théorie du chaos et aux systèmes dynamiques;

* Problématique des systèmes dissipatifs;

* Panorama de la dynamique des petits corps du Système Solaire (astéroïdes, comètes, météores) et de la dynamique des exo-planètes;

* Approche statistique de la modélisation dynamique des mouvements chaotiques (en particulier des comètes);

* Dynamique galactique.

Cette formation (sous l'égide de la Formation Permanente du CNRS) s'adresse aux chercheurs, enseignants-chercheurs, thésards et post-docs.

Vous pouvez trouver tous les renseignements à l'adresse :
http://www.oca.eu/cassiopee/Aussois09/annonce_ecole.html